

DOI:10. 7522/j. issn. 1000-0240. 2017. 0034
SHI Lianmei, LI Bin, LI Yuanyuan, et al. Study on economic loss assessment and risk division of hail disaster in Xinjiang[J]. Journal of Glaciology and Geocryology, 2017, 39(2): 299–307. [史莲梅, 李斌, 李圆圆, 等. 新疆冰雹灾害经济损失评估及风险区划研究[J]. 冰川冻土, 2017, 39(2): 299–307.]

新疆冰雹灾害经济损失评估及风险区划研究

史莲梅¹, 李 斌¹, 李圆圆¹, 孔令文², 刘卫平³

(1. 新疆维吾尔自治区人工影响天气办公室, 新疆 乌鲁木齐 830002; 2. 乌鲁木齐市达坂城区气象局, 新疆 乌鲁木齐 830039;
3. 新疆维吾尔自治区气象信息中心, 新疆 乌鲁木齐 830002)

摘 要: 基于 1984–2014 年新疆雹灾受灾面积、总成灾面积、农作物播种面积、新疆生产总值及以县为单位的雹灾频次等统计数据, 构建雹灾经济损失指标和风险度指标, 进行新疆冰雹灾害评估研究。其中雹灾经济损失指标可用于评价新疆雹灾经济损失的趋势变化, 风险度指标可借助 GIS 空间信息处理技术形成新疆雹灾风险区划。研究表明: 雹灾经济损失总体呈波动上升趋势, 且受环境不稳定度的影响较大, 二者保持着较好的正相关性。新疆冰雹灾害总体以中、低度风险为主, 高风险次之。高风险区主要集中在喇叭形河谷地带的伊犁地区及其两侧的阿克苏、博州等地, 建议通过调整农业产业结构、提升人工防雹能力等方式降低上述区域的雹灾损失。

关键词: 经济损失评价; 风险区划; 冰雹灾害; 新疆; GIS

中图分类号: S427 **文献标志码:** A **文章编号:** 1000-0240(2017)02-0299-09

0 引言

冰雹是一种在中小尺度天气背景下产生的自然现象, 本身并无好坏之分, 但因其常对人们的生命、农牧业生产、交通运输、工矿企业、电力通讯等方面造成极大的危害, 故被称之为“灾害天气”^[1–5]。近 10 a 来, 在冰雹灾害多发的新疆^[6–8], 每年因冰雹灾害造成的农业损失均在亿元以上, 在 2013 年甚至达到了 21 亿元之多。据《中国气象灾害年鉴》和《新疆统计年鉴》统计, 1984–2014 年, 新疆因冰雹灾害年均受灾面积 $8.7 \times 10^4 \text{ hm}^2$, 约占各类自然灾害总成灾面积和农作物播种面积的 12.2% 和 2.4%; 年均受灾经济损失 5.2×10^3 万元, 约占新疆农业总产值和生产总值的 1.0% 和 0.2%。

自然灾害是自然界发生的一种异常现象, 对人类社会造成的危害往往是触目惊心的, 自然灾害系统理论将其发生的原因归结于致灾因子、孕灾环境与承灾体的相互作用^[9]。国内外学者在灾害方面做了大量的研究工作, 美国、法国和其他一些欧美

国家为了提高地震易发区的风险评估和风险管理能力, 绘制了地震区划图^[10]。Gilbertson 等^[11]对中国东北冰雹灾害进行了风险分析评估后, 建议雹灾高风险区域的农民选种抗雹灾能力强的作物, 以避免遭受损失。刘彩红等^[12]基于 GIS 技术的支持, 采用冰雹灾害危险性和承灾体易损性两个指标, 对青海高原冰雹灾害进行风险区划, 在一定程度上弥补了灾害防治的困难。韩秀君等^[13]利用辽宁省 58 个国家级气象站降雪日数和降雪灾情资料, 研究确定了不同灾害分区下不同降雪阈值与降雪影响预评估的关系。袭祝香等^[14]在考虑致灾因子时, 侧重分析了过程暴雨预报及前期降雨实况, 实现了对具体暴雨过程损失风险动态的预警评估。综上表明, 通过对自然灾害风险的综合评估, 科学辨识高风险区, 可为当地防灾减灾提供科学依据。

目前, 关于新疆雹灾经济损失及灾害风险区划的研究还处于起步阶段, 没有成熟、完善的研究结果得以借鉴。如何针对风险地区可能遭受冰雹灾害影响的严重程度进行风险识别及风险评估, 确定其

收稿日期: 2016-11-28; 修订日期: 2017-02-03
基金项目: 新疆气象局青年基金“基于灾损评估的新疆冰雹灾害损失风险区划”(Q201602)资助
作者简介: 史莲梅(1983–), 女, 新疆沙湾人, 工程师, 2008 年毕业于南京信息工程大学, 从事人工影响天气业务技术及灾害性天气研究。E-mail: slmbaxia@163.com.

风险类型及等级,有效规避及防范冰雹灾害风险,已成为新疆气象安全保障体系建设急需解决的问题。本文利用 1984 – 2014 年新疆冰雹灾害及农作物播种面积、新疆生产总值(GDP)等资料,采用环境不稳定性、雹灾总经济损失占 GDP 的比例,以及雹灾危险性指数、易损性指数分别构建了评价新疆雹灾经济损失及风险区划的指标;然后利用雹灾经济损失指标分析评价了新疆 31 a 来雹灾经济损失的年际变化趋势;最后借助 GIS 软件空间信息处理技术的优势,绘制新疆冰雹灾害危险性、易损性和风险区划图,以期给当地防灾减灾的决策提供科学依据。

1 资料来源与研究方法

1.1 资料来源

本研究选取的资料和数据时段为 1984 – 2014 年,雹灾直接经济损失、雹灾受灾面积、雹灾频次等数据来源于新疆气象台站、人工防雹作业点、“新疆灾情直报系统”和民政等部门;农作物总播种面积、农业生产总值、居民消费价格指数、新疆生产总值(GDP)来源于 1990 – 2015 年出版的《新疆统计年鉴》;总成灾面积来源于《新疆灾情年报》和 2003 – 2014 年出版的《中国气象灾害年鉴》。

1.2 研究方法

1.2.1 雹灾经济损失评估方法的确定

本文选取容易获取且信息完备的农作物播种面积、雹灾受灾面积、总成灾面积、农业生产总值和直接经济损失等主要经济损失要素值,作为评价新疆冰雹灾害经济损失的指标因子。首先计算出新疆冰雹灾害农业经济损失和总经济损失;然后利用冰雹灾害造成的当年总经济损失值与研究时段总经济损失值的最小值之和与当年总经济损失值与研究时段总经济损失最大值之和的比值来表示环境不稳定性 E_n 的大小;再利用冰雹灾害总经济损失及 GDP 计算出冰雹灾害总经济损失对 GDP 的贡献率 C_r ;最后使用 E_n 和 C_r 的平均数构建冰雹灾害经济损失指数 E_A ,并对新疆冰雹灾害经济损失进行评估。

(1) 环境不稳定性 E_n 的确定

农业经济损失受农作物种类、当年市场价格、播种面积等因素的影响,信息收集困难且不完备,故本文采用资料齐全的冰雹灾害受灾面积 S_h 、总成灾面积 S_a 、农作物总播种面积 S_A 和农业生产总值 P 为指标因子,计算农业经济损失 E_a :

$$E_a = P \times S_h \times 30\% / (S_A - S_a \times 30\%) \tag{1}$$

直接经济损失 E_d 来源于“灾情直报系统”、新疆气象台站、人工防雹作业点和民政部门,间接经济损失 E_l 采用多数人认为的直接经济损失的 30%,即:

$$E_l = E_d \times 30\% \tag{2}$$

计算总经济损失 E_A 和环境不稳定性 E_n 时采用陈香等^[15]、肖红霞等^[16] 的自然灾害造成的农业经济损失 E_a 、直接经济损失 E_d 、间接经济损失 E_l 之和,即:

$$E_A = E_a + E_d + E_l \tag{3}$$

环境不稳定性 E_n 的计算公式如下:

$$E_n = (E_i + E_{\min}) / (E_i + E_{\max}) \tag{4}$$

式中: E_i 为第 i 年因冰雹灾害造成的总经济损失; E_{\min} 为该地区冰雹灾害造成的经济损失最小值; E_{\max} 为该地区冰雹灾害造成的经济损失最大值。

(2) 贡献率 C_r 的确定

冰雹灾害总经济损失对新疆 GDP 的贡献率 C_r 采用雹灾总经济损失占当年雹灾总经济损失与 GDP 之和的百分比的平均数来表示,其计算公式如下:

$$C_r = E_i / (E_i + G_i) \tag{5}$$

式中: E_i 为第 i 年因冰雹灾害造成的总经济损失; G_i 为第 i 年新疆的 GDP。

(3) 雹灾总经济损失评估指数的确定

为了更好、更直观地评价新疆冰雹灾害造成的总经济损失,将环境不稳定性 E_n 和雹灾总经济损失对 GDP 的贡献率 C_r 进行等级划分后,求其平均值,作为评价雹灾经济损失的总指标,即:

$$EC = (E_n \text{ 等级} + C_r \text{ 等级}) / 2 \tag{6}$$

1.2.2 雹灾风险区划方法的确定

1991 年联合国人道主人事业部给出了“风险”的定义:自然灾害的“风险度 = 危险度 × 易损度”,本文基于此定义建立雹灾风险评估模型,并依据此模型进行 1984 – 2014 年新疆冰雹灾害的风险区划研究,模型如下:

$$R_i = H_i \times V_i \tag{7}$$

式中: R_i 为第 i 市、县冰雹灾害的风险指数; H_i 为第 i 市、县冰雹灾害的危险性指数; V_i 为第 i 市、县冰雹灾害的易损性指数。

(1) 冰雹灾害危险性指数的确定

冰雹灾害对农作物的危害主要体现在使其遭受机械损伤和造成减产、甚至绝收,通常情况下,雹灾发生的频次越高、强度越大其对农作物造成的危害就越大^[17]。由于体现冰雹强度的灾情数据短缺,故本文采用雹灾频次作为反映冰雹灾害的危险性指

标因子。为了使指标具有可比性,对冰雹灾害的各项指标进行标准化处理^[18],将 1984 – 2014 年新疆各市、县雹灾频次与同期全疆各市、县雹灾频次的平均值之比作为评价冰雹灾害的危险性指数,建立模型如下:

$$H_i = f_i / f_{ave} \tag{8}$$

式中: H_i 指第 i 市、县冰雹灾害的危险性指数; f_i 指第 i 市、县 1984 – 2014 年雹灾频次; f_{ave} 指同期全疆各市、县雹灾频次的平均值。

(2) 冰雹灾害易损性指数的确定

易损性(Vulnerability)也被译为脆弱性,广泛用于气候变化、环境变化、生物物理、风险管理和灾害管理研究中。英国学者最早(20 世纪 70 年代)将“易损性”的概念引入自然灾害研究领域。2009 年国际减灾战略组织修订“易损性”的定义“社区、系统或资产易于受到某种致灾因子损害的性质和处境”,很好地说明了它的含义。在一定灾变条件下,受灾体对灾情的产生起着“扩大”或“缩小”的作用^[19]。在新疆,冰雹灾害的主要受灾对象是农业,因此,本文使用某市、县雹灾造成的农作物受灾面积占该市、县当年农作物播种面积的百分比来表征冰雹灾害易损性指数 V_i 的大小,建立模型如下:

$$V_i = S_{ih} / S_{Ai} \times 100\% \tag{9}$$

式中: S_{ih} 为第 i 市、县雹灾造成的农作物受灾面积; S_{Ai} 为第 i 市、县当年农作物播种面积。

2 结果与分析

2.1 雹灾经济损失趋势变化分析

根据新疆气象台站、人工防雹作业点、当地民政等部门记载的数据和“灾情直报系统”、《新疆统计年鉴》(1990 – 2015 年)、《中国气象灾害年鉴》(2003 – 2014 年)、《中国气象灾害大典·新疆卷》和《新疆灾情年报》的统计资料,利用式(1) ~ (5)分别计算出逐年的环境不稳定度 E_n 和冰雹灾害总经济损失占 GDP 的比例 C_r ,采用 $(E_{nmax} - E_{nmin})/5$ 和 $(C_{rmax} - C_{rmin})/5$ 等比率进行 5 个等级的划分;再利用式(6)计算得出评价冰雹灾害经济损失的总指标 EC 的大小(表 1),并对 1984 – 2014 年新疆冰雹灾害经济损失进行评估。

由图 1 可知,1984 – 2014 年这 31 a 来,新疆冰雹灾害造成的农业经济损失 E_a 和总经济损失 E_A 呈波动上升的趋势,且二者的总体走势基本一致。31 a 来, E_a 的最大值(最小值)为 3.096(0.081)亿元,出现在 2013 年(1999 年),而 E_A 的最大值(最

表 1 冰雹灾害经济损失评价指标及划分标准
Table 1 Evaluation index and division standard of hail disaster economic loss

等级	环境不稳定度 E_n 阈值	贡献比例 C_r 阈值/ $\times 10^{-2}$	经济损失 总指标 EC
1	≤ 0.117	≤ 0.441	≤ 0.059
2	0.118 ~ 0.214	0.442 ~ 0.841	0.060 ~ 0.108
3	0.215 ~ 0.311	0.842 ~ 1.241	0.109 ~ 0.157
4	0.312 ~ 0.408	1.242 ~ 1.641	0.158 ~ 0.206
5	≥ 0.409	≥ 1.642	≥ 0.207

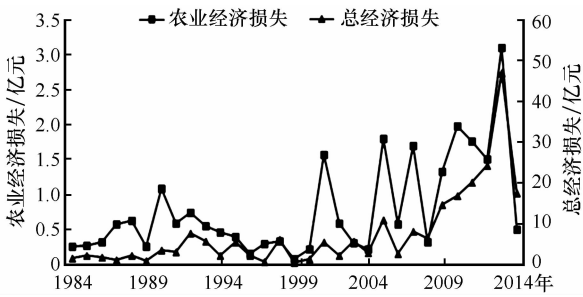


图 1 雹灾农业经济损失和总经济损失的年际变化
Fig. 1 Interannual changes of the agricultural economic loss and the total economic loss of hail disaster

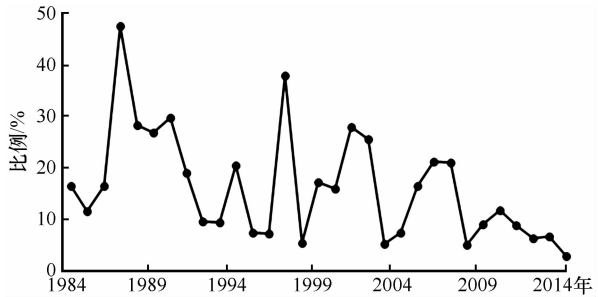


图 2 雹灾农业经济损失占总经济损失的比例
Fig. 2 Proportion of agricultural economic losses from hail disaster to total economic loss

小值)为 46.982(0.475)亿元,同样也出现在 2013 年(1999 年)。

从图 1 还可看出,近 31 a 来雹灾造成的农业经济损失在 20 世纪 80、90 年代不但年际变化起伏不大,而且保持在较低水平,除了 1990 年的 1.088 亿元之外,其余各年均保持在 0.8 亿元以下,波动幅度绝对值的均值也仅为 0.209 亿元;进入 21 世纪以来,各年的波动幅度明显增大,其绝对值的均值已达到 1.129 亿元、最大值高达 2.597 亿元,说明影响雹灾经济损失的降雹频次、强度或农作物播种面积等年际变化大。相比较而言,雹灾总经济损失的波动幅度整体较平稳,基本保持在一个相对稳定且较低的水平,1984 – 2008 年(除 2005 年的 10.953

亿元)均保持在 10 亿元以下;但在近 6 a 来,总经济损失出现了明显的跃增,说明反映新疆经济财富的积累和人类向高风险区移动加大了雹灾灾情。

图 2 显示,近 31 a 来,新疆雹灾农业经济损失 E_a 占总经济损失 E_A 的比例 Q 波动起伏较大,但呈波动下降的趋势,其波动起伏较大的年份主要集中在 2007 年之前。说明 2008 年以来,新疆农业基础工程对于冰雹灾害的防御能力有所提高。

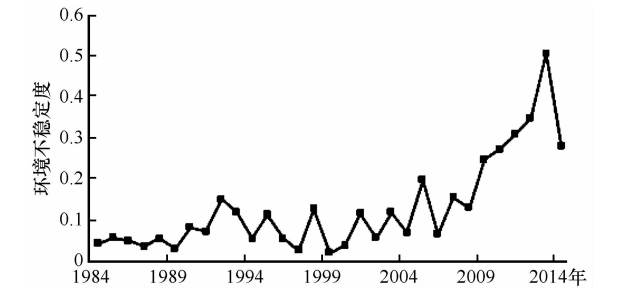


图 3 环境不稳定性年际变化
Fig. 3 Interannual changes of the environmental instability

由图 3 可以看出,环境不稳定性 E_n 值及其年变幅在 1984 – 2014 年间呈现出三个阶段的特点。第一阶段为 20 世纪 80 年代, E_n 值保持在较低水平,均在 0.060 以下;且 E_n 年变幅也较小,其绝对值的均值为 0.016。第二阶段为 1990 – 2008 年, E_n 值较前一阶段略有增加,但总体保持在 0.160 以下(2005 年的 0.197 除外);而 E_n 年变幅则明显增大,其绝对值的均值为 0.067,比前一阶段增加了 0.051,同时还出现了 1984 – 2014 年间的最小值 0.020(1999 年)。第三阶段为 2009 – 2014 年, E_n 值大幅增加,最大值为 0.505(2013 年),是 31 a 来最小值 0.020 的 25.250 倍; E_n 年变幅的增幅也较为明显,并在最大值的年份 2013 年出现了跃增,2012 年、2014 年的年变幅绝对值分别为 0.158 和 0.225,将此阶段 E_n 年变幅绝对值的均值一下提高至 0.097。

雹灾总经济损失对 GDP 的贡献比例 C_r 年际变

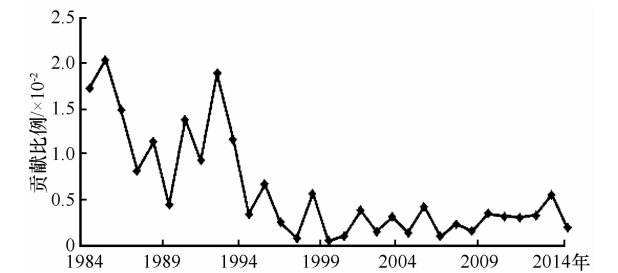


图 4 雹灾经济损失对 GDP 的贡献比例年际变化
Fig. 4 Interannual changes of the contribution ratio for hail disaster economic loss to GDP

化特点(图 4),总体来说可以 1995 年为界,将其分为两个阶段。第一个阶段(1995 年之前) C_r 值及其年变幅绝对值均较大,而第二个阶段(1995 年以后) C_r 值及其年变幅绝对值均较小。1995 年之前, C_r 值均保持在较高水平,均值达 0.012,最大值也为 0.020(1985 年),且年变幅绝对值的均值也高达 0.006;1996 年以来, C_r 值总体保持在较低水平,均值只有 0.003,是前一阶段的四分之一,最大值 0.006(1998 年)仅为上一阶段最小值 0.003(1994 年)的 2 倍,同样 C_r 年变幅也保持在较低水平,其绝对值的均值 0.002 是前一阶段的三分之一。

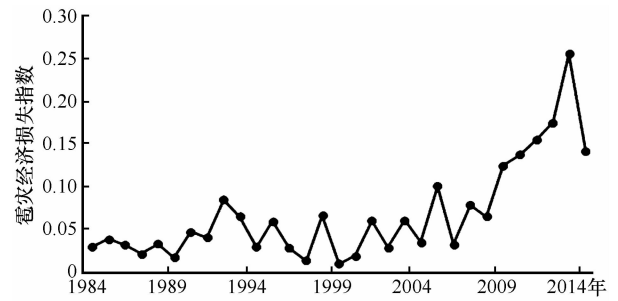


图 5 雹灾经济损失指数年际变化
Fig. 5 Interannual changes of the hail disaster economic loss index

雹灾经济损失指数 EC 的年际变化(图 5)特征与环境不稳定度的年际变化的基本一致,也体现了三个阶段的特点。第一阶段(1984 – 1989 年) EC 值及其年变幅的绝对值均较小,第二阶段(1990 – 2008 年) EC 值及其年变幅的绝对值略有增加,第三阶段(2009 – 2014 年) EC 值及其年变幅的绝对值均大幅增加,最大值分别为 0.255 和 0.114。

2.2 雹灾风险区划

2.2.1 雹灾危险性区划

使用新疆气象台站、人工防雹作业点和“新疆灾情直报系统”等记录的全疆 1984 – 2014 年各市、县雹灾频次,利用式(8)计算出各市、县 31 a 间的雹灾危险性指数,并依此将雹灾危险性划分为 5 个等级(表 2)。

表 2 新疆冰雹灾害危险性区划标准 Table 2 Standard for hazard zoning of hail disaster in Xinjiang	
危险性等级	危险性指数 H 阈值
极高危险区	$H \geq 3$
高危险区	$1 \leq H < 3$
一般危险区	$0.5 \leq H < 1$
低危险区	$0.1 \leq H < 0.5$
极低危险区	$H < 0.1$

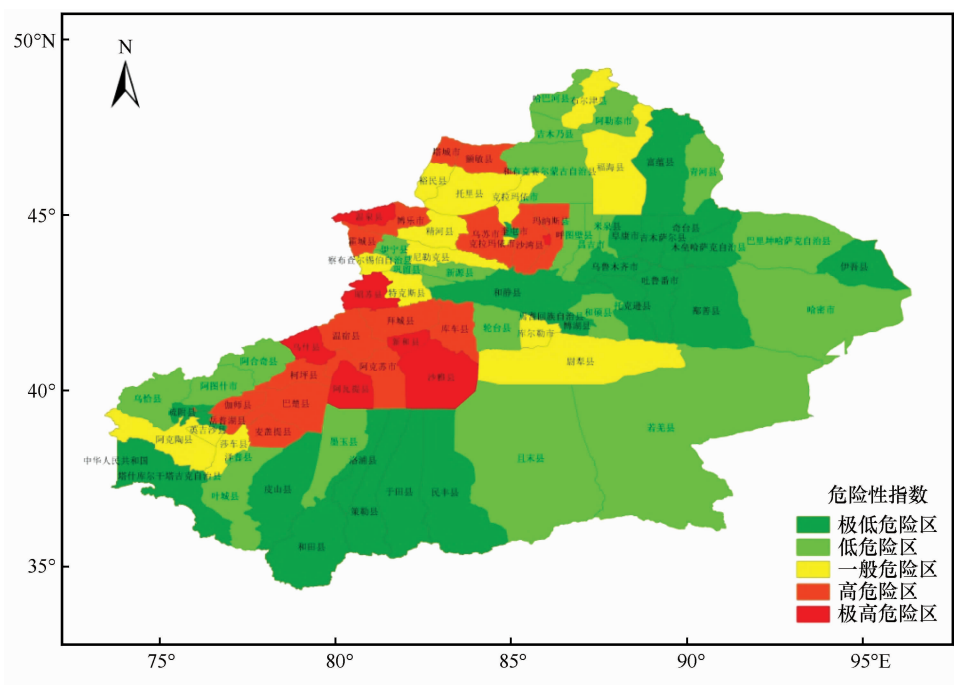


图 6 新疆冰雹灾害危险性区划

Fig. 6 Hazard zonation for hail disaster in Xinjiang

图 6 显示，近 31 a 来，新疆 90 个市、县中有 71 个市、县至少遭受过 1 次冰雹灾害，其危险性指数平均值为 1.000。极高风险区出现在雹灾频次较高的石河子市、温泉县、新和县、昭苏县、沙雅县、阿瓦提县和乌什县，其危险性指数均 >3.000 ；极低风险区出现在雹灾频次仅为 1 县次的富蕴县、和静县、吉木萨尔县、奇台县、伊吾县、和田市、洛浦县、民丰县和乌鲁木齐市，其危险性指数均为 0.064。

2.2.2 雹灾易损性区划

应用新疆气象台站、人工防雹作业点、“新疆灾情直报系统”、《新疆灾情年报》和民政等部门统计的新疆 1984 – 2014 年冰雹灾害造成的农作物受灾面积，以及《新疆统计年鉴》(1990 – 2015 年)统计的各市、县农作物播种面积，利用式(9)计算各市、县的雹灾易损性指数，并确定雹灾易损性指数阈值，其易损性分级标准如表 3 所示。

由新疆雹灾易损性区划结果(图 7)可以看出，各市、县雹灾易损性的大值区并不集中，而是散落在北疆伊犁河谷地带的伊宁市(15.759%)和南疆阿克苏地区的柯坪县(14.059%)；小值区则稍微集中一些，主要分布在北疆沿天山一带的乌鲁木齐市(0.218%)、奇台县(0.153%)、米泉县(0.010%)，以及南疆和田地区的和田市(0.101%)。

表 3 新疆冰雹灾害易损性区划标准

Table 3 Standard for vulnerability zoning of hail disaster in Xinjiang

易损性等级	易损性指数 V 阈值/%
极高易损区	$V \geq 10$
高易损区	$3 \leq V < 10$
一般易损区	$1 \leq V < 3$
低易损区	$0.5 \leq V < 1$
极低易损区	$V < 0.5$

2.2.3 雹灾风险区划

首先利用已计算出的 1984 – 2014 年新疆各市、县雹灾危险性指数、易损性指数，应用模型(7)计算出各市、县雹灾风险系数 R ，借助 ArcGIS 软件的空间信息处理技术，按照表 4 的分级标准得到不同风险等级的新疆雹灾区划图。

图 8 显示，新疆雹灾风险区划结果如下：

极高风险区：柯坪县、乌什县。

高风险区：霍城县、温泉县、昭苏县、拜城县、阿瓦提县、新和县、喀什市、石河子市、塔城市、温宿县、特克斯县、阿克苏市、沙雅县、博乐市、库车县。

一般风险区：额敏县、裕民县、玛纳斯县、岳普湖县、乌苏市、伽师县、沙湾县、巴楚县、麦盖提县、克拉玛依市、伊宁市、阿克陶县、尼勒克县、巩

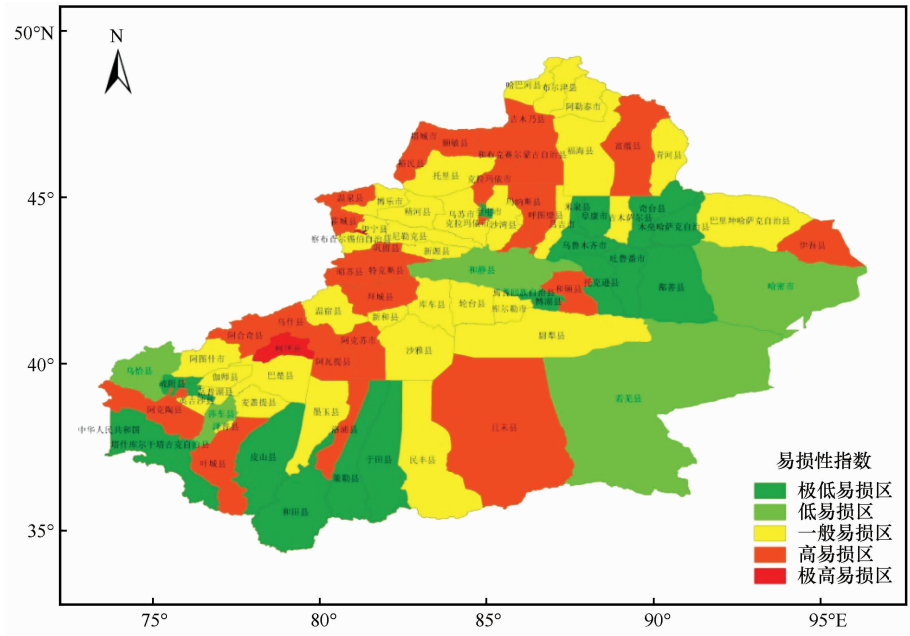


图 7 新疆冰雹灾害易损性区划

Fig. 7 Vulnerability zonation for hail disaster in Xinjiang

表 4 新疆冰雹灾害风险分级标准

Table 4 Standard for risk grads of hail disaster in Xinjiang

风险等级	风险指数 R 阈值/%
极高风险区	$R \geq 15$
高风险区	$5 \leq R < 15$
一般风险区	$1 \leq R < 5$
低风险区	$0.1 \leq R < 1$
极低风险区	$R < 0.1$

留县、察布查尔锡伯自治县、呼图壁县、叶城县、阿合奇县、吉木乃县、库尔勒市、英吉沙县、福海县、且末县、精河县。

低风险区：和硕县、布尔津县、尉犁县、伊宁县、托里县、新源县、莎车县、哈巴河县、泽普县、伊吾县、洛浦县、和布克赛尔蒙古自治县、轮台县、阿勒泰市、墨玉县、阿图什市、巴里坤哈萨克自治县、昌吉市、富蕴县、哈密市、民丰县、若羌县、青

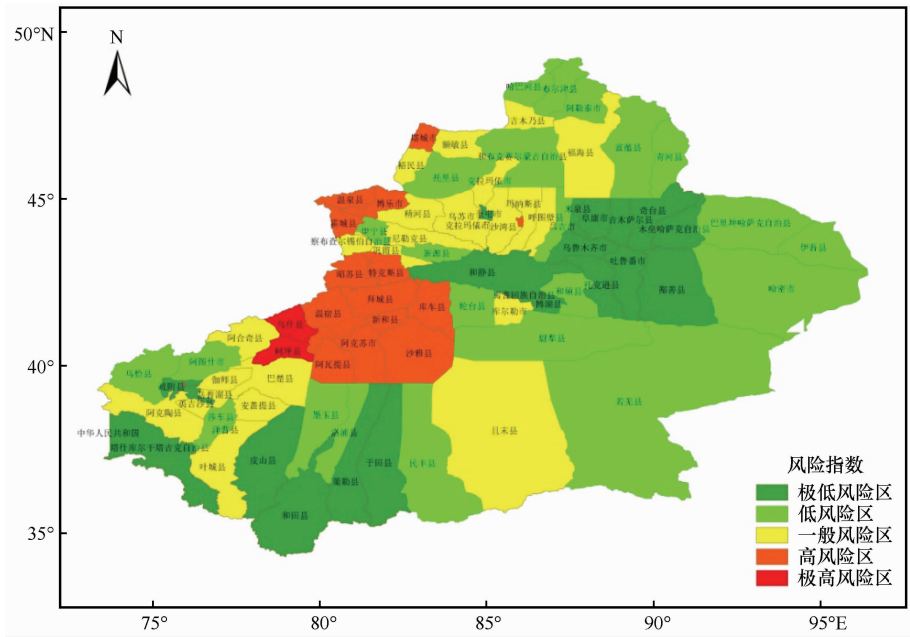


图 8 新疆冰雹灾害风险区划

Fig. 8 Risk zonation for hail disaster in Xinjiang

河县、乌恰县。

极低风险区: 吉木萨尔县、和静县、乌鲁木齐市、奇台县、和田市、米泉县、博湖县、焉耆回族自治县、阜康市、策勒县、疏附县、疏勒县、塔什库尔干县以及基本无降雹的皮山县、于田县、和田县、吐鲁番市、鄯善县、托克逊县。

3 结论

(1) 比较图 1~5 发现, 雹灾经济损失的变化趋势与环境不稳定性表现出比较好的正相关性, 说明环境不稳定性是影响新疆雹灾经济损失趋势变化的主要因素, 且二者均呈波动上升的趋势。环境不稳定性可作为新疆冰雹灾害评估的重要指标之一。

(2) 基于农作物播种面积、雹灾受灾面积、总成灾面积、农业生产总值、直接经济损失和 GDP 等要素值建立的经济损失指标来分析新疆雹灾经济损失变化趋势是合理、可行和便捷的。上述资料不但保存完整、容易获取, 用其建立的新疆雹灾经济损失指数能够较为客观的反映冰雹灾害造成的经济损失程度及变化趋势, 同时便于与不同类型的气象灾害经济损失评估进行比较, 扩展其应用性和可比性。

(3) 基于 GIS 的信息处理技术, 采用以县为单位的雹灾频次、受灾面积及农作物播种面积等指标建立的雹灾风险区划模型对新疆雹灾风险进行了区划, 从宏观角度评估了新疆雹灾的风险。

(4) 从新疆雹灾风险区划分布来看, 新疆雹灾风险总体以一般风险和低风险为主, 高风险次之, 极高风险最少。雹灾风险高的区域主要集中在阿克苏地区、伊犁哈萨克自治州、博尔塔拉蒙古自治州和克拉玛依市, 上述地(州、市)分布在天山的南北两侧, 多为向西向东扩展的喇叭形河谷地带, 有助于大规模冷空气的入侵、雹云移速的加快和不稳定能量的蓄积, 降雹几率大大增加^[20-23], 加之上述区域以载体单位面积受灾成本较高的粮棉、瓜果为主要种植业, 使其风险等级较高。建议在上述区域一方面增种抗雹能力强且成熟期适中的作物; 另一方面深入开展冰雹机理、作业方法和技术等方面的研究, 提升人工防雹作业科学水平, 同时增设人工防雹作业点, 填补作业盲区^[24], 以降低雹灾风险。

4 讨论

本研究利用雹灾经济损失指标模型和风险度模型虽然评估了 1984-2014 年新疆冰雹灾害造成的

经济损失, 并借助 ArcGIS 软件对雹灾风险进行了初步区划, 为雹灾的区域防灾减灾及当地农民选种作物提供了科学依据。但研究中仍然存在一定的问题与不足, 如所使用数据资料的准确性问题, 建模中指标因子不全面问题, 灾害经济损失评估及风险区划的精确性问题, 这些问题与不足还有待我们进一步研究和完善。

参考文献 (References):

- [1] Shi Lianmei, Zhao Zhipeng, Wang Xu. Temporal and spatial distribution features of hail disaster in Xinjiang from 1961 to 2014 [J]. Journal of Glaciology and Geocryology, 2015, 37(4): 898-904. [史莲梅, 赵智鹏, 王旭. 1961-2014 年新疆冰雹灾害时空分布特征[J]. 冰川冻土, 2015, 37(4): 898-904.]
- [2] Kang Fengqin, Zhang Qiang, Guo Jiangyong. Climatic characteristics of summer precipitation in northwest China [J]. Arid Zone Research, 2007, 24(1): 83-86. [康凤琴, 张强, 郭江勇. 中国西北地区冰雹的气候特征[J]. 干旱区研究, 2007, 24(1): 83-86.]
- [3] Li Jiaming. Introduction on hail distribution regulation and the countermeasure of insurance in Our Country [J]. Journal of Catastrophology, 1992, 7(1): 34-38. [李加明. 浅谈我国冰雹的分布规律及其保险对策[J]. 灾害学, 1992, 7(1): 34-38.]
- [4] Mansur Sabit. Analyzing the spatiotemporal variations of hail disasters in southern Xinjiang region during recent 60 years [J]. Journal of Glaciology and Geocryology, 2012, 34(4): 795-801. [满苏尔·沙比提. 南疆近 60 年来冰雹灾害时空变化特征分析[J]. 冰川冻土, 2012, 34(4): 795-801.]
- [5] Rasul Abila, Niu Shengjie, Yusup Abila, et al. Analysis of the spatial and temporal variation characteristics of hail events and damaged cotton in the Ogan-Kuchar River oases of southern Xinjiang during 1970-2013 [J]. Journal of Glaciology and Geocryology, 2014, 36(6): 1556-1564. [热苏力·阿不拉, 牛生杰, 玉素甫·阿不拉, 等. 1970-2013 年南疆渭干河-库车河流域绿洲冰雹时空变化特征和棉花受灾分析[J]. 冰川冻土, 2014, 36(6): 1556-1564.]
- [6] Rasul Abila, Niu Shengjie, Ablimitjan Ablikim, et al. Study of the method of partitional hail forecast in Xinjiang region [J]. Journal of Glaciology and Geocryology, 2015, 37(4): 1041-1049. [热苏力·阿不拉, 牛生杰, 阿不力米提江·阿布力克木, 等. 新疆冰雹分区预报方法研究[J]. 冰川冻土, 2015, 37(4): 1041-1049.]
- [7] Zhi Jun, Chen Chunyan, Mao Weiye. Study of hailstone warning indexes of the new generation weather radar products in western Kashgar of Xinjiang [J]. Journal of Glaciology and Geocryology, 2014, 36(1): 95-105. [支俊, 陈春艳, 毛炜峰. 新疆喀什西部新一代天气雷达产品的冰雹预警指标研究[J]. 冰川冻土, 2014, 36(1): 95-105.]
- [8] Liu Decai. The hail disaster and its division in Xinjiang [J]. Arid Zone Research, 1994, 11(4): 63-69. [刘德才. 对新疆冰雹灾害及其区划若干问题的再认识[J]. 干旱区研究, 1994, 11(4): 63-69.]
- [9] Dong Pengjie, Wang Jianjie. Risk assessment model and regionalization of hail disaster in Beijing area [J]. Torrential Rain and Disasters, 2012, 31(1): 29-34. [董鹏捷, 王建捷. 北京地区冰雹灾害风险评估模型及风险区划[J]. 暴雨灾害, 2012, 31

- (1): 29–34.]
- [10] Li Lihua, Chen Hongwu, Mao Weiyi, et al. GIS-based hail risk zonation and assessment in Aksu prefecture[J]. *Arid Zone Research*, 2010, 27(2): 224–229. [李丽华, 陈洪武, 毛炜峰, 等. 基于 GIS 的阿克苏地区冰雹灾害风险区划及评价[J]. 干旱区研究, 2010, 27(2): 224–229.]
- [11] Gilbertson K M, Hoekett E. Effect of hail on isogenic lines of barley[J]. *Field Crops Research*, 1984, 9: 69–76.
- [12] Liu Caihong, Wang Lijun, Wang Zhenyu, et al. Division of hail disaster risk scales in Qinghai plateau based on damage assessment[J]. *Journal of Glaciology and Geocryology*, 2012, 34(6): 1409–1415. [刘彩红, 王黎俊, 王振宇, 等. 基于灾损评估的青海高原冰雹灾害风险区划[J]. 冰川冻土, 2012, 34(6): 1409–1415.]
- [13] Han Xiujun, Jia Xuxuan, Shen Yuan, et al. The snow disaster zoning and the snowfall impact pre-assessment in Liaoning Province[J]. *Journal of Glaciology and Geocryology*, 2016, 38(1): 21–27. [韩秀君, 贾旭轩, 申远, 等. 辽宁雪灾区划及降雪影响预评估[J]. 冰川冻土, 2016, 38(1): 21–27.]
- [14] Xi Zhuxiang, Zhang Chenchen, Lü Zhong, et al. The risk pre-estimation of the flood casualty loss caused by heavy rainstorm in Jilin Province[J]. *Journal of Glaciology and Geocryology*, 2016, 38(2): 395–401. [袭祝香, 张晨琛, 吕忠, 等. 吉林省重大暴雨过程灾害损失风险预评估[J]. 冰川冻土, 2016, 38(2): 395–401.]
- [15] Chen Xiang, Shen Jinrui, Chen Jing. Application of DELI in disaster economic loss assessment-taking analysis of trend of economic loss in Typhoon disaster in Fujian Province as an example[J]. *Journal of Catastrophology*, 2007, 22(2): 31–35. [陈香, 沈金瑞, 陈静. 灾损度指数法在灾害经济损失评估中的应用——以福建台风灾害经济损失趋势分析为例[J]. 灾害学, 2007, 22(2): 31–35.]
- [16] Xiao Hongxia, Qi Shi, Li Siyang, et al. Evaluation of economic loss of flood disaster in Guangxi Zhuang Autonomous region[J]. *Bulletin of Soil and Water Conservation*, 2011, 31(4): 232–236. [肖红霞, 齐实, 李思扬, 等. 广西壮族自治区洪水灾害经济损失评价[J]. 水土保持通报, 2011, 31(4): 232–236.]
- [17] Li Meng, Zhu Yong, Ji Wenjuan. Risk evaluation of hail disaster in Yunnan tobacco planting areas based on GIS[J]. *Chinese Journal of Agrometeorology*, 2012, 33(1): 129–133. [李蒙, 朱勇, 吉文娟. 基于 GIS 的云南烟区冰雹灾害风险评价[J]. 中国农业气象, 2012, 33(1): 129–133.]
- [18] Deng Pengjie, Wu Zhenghua. Risk evaluation model on hail disaster during the Beijing Olympic Games[J]. *Torrential Rain and Disasters*, 2008, 27(2): 104–108. [董鹏捷, 吴正华. 北京 2008 年奥运期间冰雹灾害风险评估模拟研究[J]. 暴雨灾害, 2008, 27(2): 104–108.]
- [19] Li Hongmei, Ma Yushou, Bai Yanfang. An analysis of the impact of climate change on vegetation succession in Qinghai Province[J]. *Journal of Glaciology and Geocryology*, 2010, 32(2): 414–422. [李红梅, 马玉寿, 白彦芳. 气候变化对青海高原植被演变的影响分析[J]. 冰川冻土, 2010, 32(2): 414–422.]
- [20] Wang Qiuxiang, Ren Yiyong. Temporal and spatial distribution features of hail disasters in Xinjiang in recent 51 years[J]. *Arid Land Geography*, 2006, 29(1): 65–69. [王秋香, 任宜勇. 51a 新疆雹灾损失的时空分布特征[J]. 干旱区地理, 2006, 29(1): 65–69.]
- [21] Fu Congbin, Wang Qiang. The definition and detection of the abrupt climate change[J]. *Scientia Atmosphenca Sincia*, 1992, 16(4): 482–493. [符淙斌, 王强. 气候突变的定义和检测方法[J]. 大气科学, 1992, 16(4): 482–493.]
- [22] Yang Lianmei. Climatic characteristics of hail in Xinjiang and the prevention[J]. *Journal of Catastrophology*, 2002, 17(4): 26–31. [杨莲梅. 新疆的冰雹气候特征及其防御[J]. 灾害学, 2002, 17(4): 26–31.]
- [23] Ma Yu, Wang Xu, Guo Jiangyong. Characteristic analysis on circulation pattern of systematic hail weather processes and satellite cloud image in Xinjiang[J]. *Plateau Meteorology*, 2004, 23(6): 787–794. [马禹, 王旭, 郭江勇. 新疆系统性冰雹天气过程的环流形势及卫星云图特征分析[J]. 高原气象, 2004, 23(6): 787–794.]
- [24] Xiang Mingyan, Fan Lihong, Haimit Yimiti, et al. Study on the change of eteorological disasters and the prevention measures in Xinjiang since recent 45 years[J]. *Arid Zone Research*, 2007, 24(5): 712–716. [向明燕, 范丽红, 海米提·依米提, 等. 新疆近 45 年气象灾害及其防御措施[J]. 干旱区研究, 2007, 24(5): 712–716.]

Study on economic loss assessment and risk division of hail disaster in Xinjiang

SHI Lianmei¹, LI Bin¹, LI Yuanyuan¹, KONG Lingwen², LIU Weiping³

(1. Xinjiang Uygur Autonomous Region Modification Office, Ürümqi 830002, China; 2. Bureau of Meteorology Ürümqi Dabancheng District, Ürümqi 830002, China; 3. Xinjiang Meteorological Information Center, Ürümqi 830002, China)

Abstract: Based on the statistical datasets of Hail disaster area, total disaster area, crop planting area, GDP and the hail frequency of Hail for each city in Xinjiang, the hail disaster economic loss index and risk index were constructed, while the hail disaster in Xinjiang were also accessed. The former index could be used in reviewing the changing tendency of hail disaster economic loss, while the latter could indicate the hail disaster risk zone with the virtue of GIS special information processing technology. It is showed that, the hail disaster economic loss generally ascends with great impact from environmental instability, while keeping fine positive correlation with each other. The overall risk of hail disaster in Xinjiang is mainly medium and low risk, followed by high risk. High risk areas are mainly concentrated in the horned valley area Yili and those region that around the valley, that is Akesus and Bozhou. It is suggested to reduce hail damage in these areas by adjusting the structure of agricultural industry and improving the capacity of artificial hail suppression.

Key words: economic loss assessment; risk zoning; hail disaster; Xinjiang; GIS

(本文编辑：周成林)